Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 4, Winter. 2022, p. 327-341

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۳۴۱-۳۲۷

مقاله پژوهشی

تأثیر منابع مختلف کودی و تراکم کاشت بر صفات مورفولوژیک و محتوی رنگدانه‌های فتوسنتزی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk)

میثم خاوری[۱]، محمدعلی بهدانی[۲]*، حمید رضا فلاحی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۳

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تراکم کاشت و مصرف کودهای دامی و شیمیایی بر خصوصیات رشدی و محتوی کلروفیل گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk) آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی سرایان در بهار و تابستان سال ۱۳۹۶، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل تراکم گیاهی (۲۰، ۴۰ و ۶۰ بوته در متر مربع) و مصرف منفرد یا تلفیقی منابع کودی (۴۰ تن در هکتار کود دامی (کود گاوی)، ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی از منبع کود کامل NPK،۴۰ تن کود دامی +۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی، ۲۰ تن کود دامی +۴۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی به همراه تیمار عدم مصرف کود به‌عنوان تیمار شاهد) بودند. صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، عملکرد تک‌بوته، عملکرد بیولوژیک، عملکرد بذر، شاخص برداشت، شاخص سبزینگی (عدد SPAD) و محتوی کلروفیل (a، b و کل) و کاروتنوئید برگ بودند. اثر تراکم گیاهی روی وزن خشک بوته، عملکرد بیولوژیک، عملکرد بذر و محتوی کلروفیل b معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد بیولوژیک و بذر (به‌ترتیب ۲۰۸۰ و ۸۰۶/۶ کیلوگرم در هکتار) از تراکم کاشت ۶۰ بوته در مترمربع و بیشترین محتوی کلروفیل برگ از تراکم ۲۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد. اثر کاربرد کودهای دامی و شیمیایی در مورد همه صفات به‌جز وزن خشک تک‌بوته و اثر متقابل تیمارهای آزمایشی در مورد تمامی شاخص‌های مورد بررسی در سطح آماری پنج درصد غیرمعنی‌دار بود. از آن‌جایی‌که در بین تیمارهای کودی بالاترین عملکرد دانه از تیمار ۴۰ تن در هکتار کود دامی به‌دست آمد می‌توان بیان کرد که گیاه اسفرزه سازگاری مناسبی به سیستم‌های زراعی کم‌نهاده (به لحاظ استفاده از کودهای شیمیایی) دارد.

واژه‌های کلیدی: شاخص سبزینگی، کاروتنوئید، کلروفیل، کود دامی

مقدمه

زراعت گیاهان دارویی در کشور می‌تواند نقش مهمی در تأمین سلامت جامعه، اشتغال‌زایی و جلوگیری از فرسایش ژنتیکی گونه‌های دارویی ارزشمند که به علت برداشت غیر اصولیِ آن‌ها از رویشگاه‌های طبیعی در معرض خطر هستند داشته باشد. از طرفی، گرایش روزافزون به طب گیاهی در درمان بیماری‌ها چه در سطح جهانی و چه در داخل کشور لزوم تولید این محصولات را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید (Mosavi *et al*., 2012). اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk) از جمله گیاهان دارویی است که در درمان بیماری‌هایی مانند یبوست، اسهال، ناراحتی معده و اختلالات روده‌ای نقش مؤثری دارد (Mandal *et al*., 2008). در کنار کاربردهای مهم دارویی که برای اسفرزه بیان شده است، وجود برخی خصوصیات زراعی، این گیاه را به گزینهٔ مناسبی برای کاشت در مناطق خشک و سیستم‌های زراعی کم‌نهاده تبدیل کرده است (Fallahi *et al*., 2018). این گیاه، بومی ایران، هند و کشورهای خاورمیانه است و در حال حاضر هندوستان بزرگ‌ترین صادرکننده بذر این محصول در دنیا می‌باشد (Zahoor *et al*., 2004). انتخاب محصولات زراعی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان مانند ایران، به دلیل شرایط خاص اقلیمی، کمبود آب و حساسیت خاک‌ها در مقابل فرسایش و تخریب از اهمیت زیادی برخوردار است (Arancon *et al*., 2004). از این رو یکی از اهداف مهم دست‌اندرکاران بخش کشاورزی بررسی امکان کاشت و تولید محصول، از گیاهانی است که تحمل‌پذیری آن‌ها به شرایط خشکی زیادتر از سایر گونه‌ها باشد (Sharifi Ashoorabadi, 1998).

گیاه دارویی اسفرزه از جمله گیاهان سازگار به نواحی خشک و

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۳- استادیار گروه پژوهشی گیاه و تنش‌های محیطی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mabehdani@birjand.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.37183.0

زمین‌های زراعی کم‌بهره می‌باشد که به دلیل دوره رشد کوتاه، نیاز آبیِ کم و سازگاری با سیستم‌های زراعی کم‌نهاده می‌تواند به پایداری تولیدات کشاورزی در نواحی خشک و نیمه‌خشک کشور کمک نماید (Fallahi *et al*., 2018). با این وجود، قبل از توسعه کاشت هر گیاهی لازم است پاسخ‌های رشدی گیاه به عوامل مدیریتی مانند تراکم کاشت و مصرف منابع تغذیه‌ای مورد ارزیابی قرار گیرد. زیست‌بوم‌های زراعی برای حفظ تعادل عناصر غذایی و باروری نیازمند کوددهی هستند. در این ارتباط، عناصری مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم به دلیل کمبود شایع‌تر و نقش بیشتر در محدودیت رشد گیاه، از عناصر مهم به‌شمار می‌روند (Jones *et al*., 2011). نیتروژن نقش مهمی در افزایش عملکرد محصولات دارد و در برخی موارد ممکن است به‌عنوان عمومی‌ترین عامل محدودکنندۀ رشد مطرح شود (Ehteramian, 2003). این عنصر به دلیل مشارکت در ساختار کلروفیل باعث افزایش سبزینگی و دوام برگ می‌شود و همچنین در تسریع فرآیند تقسیم سلولی و افزایش رشد رویشی گیاه نیز نقش بارزی دارد (Khajepour, 2005). عنصر فسفر نیز برای ذخیره و انتقال انرژی، رشد قوی و توسعه بذور ضروری است و کیفیت و رسیدگی محصول به‌ویژه در محصولات دانه‌ای را افزایش می‌دهد. پتاسیم نیز سبب حفظ تعادل آب، استحکام گیاه و بهبود مقاومت به عوامل تنش‌زای زنده و غیرزنده می‌شود (Jones *et al*., 2011).

استفاده از کودهای شیمیایی تحت کشاورزی فشرده به تنهایی مفید نمی‌باشد، زیرا منجر به تخریب خاک، کاهش ماده آلی، عدم تعادل اسیدیته خاک، عدم تعادل عناصر غذایی و عملکرد کم گیاه زراعی می‌شود (Zotarelli *et al*., 2008). نتایج تحقیقات انجام شده حکایت از آن دارد که رشد گیاه اسفرزه تحت شرایط کاربرد کود شیمیایی در مقایسه با عدم مصرف کود افزایش یافت (Singer *et al*., 2004). پوریوسف و همکاران (Pouryousef *et al*., 2011) در آزمایش خود گزارش کردند که بالاترین عملکرد ماده خشک اسفرزه از تیمار مصرف ۲۰ تن کود گاوی در هکتار به‌دست آمد که برتری آن نسبت به شاهد و کود شیمیایی به‌ترتیب ۲۶/۸ و ۱۰/۶ درصد بود. در این آزمایش، بیشترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد بذر نیز با کاربرد ۲۰ تن کود گاوی در هکتار به‌دست آمد. نتایج خندان و همکاران (Khandan *et al*., 2005) مشخص نمود که بالاترین عملکرد کاه و کلش و بذر اسفرزه، در تیمار استفاده از هشت تن کود گاوی در هکتار حاصل گردید. راماش و همکاران (Ramash *et al*., 1984) با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره در دو مرحله – نیمی در هنگام کاشت و نصف دیگر یک ماه پس از آن، به‌صورت سرک حداکثر عملکرد بذر را در گیاه اسفرزه به‌دست آوردند. با این حال نتایج تحقیق دیگری نشان داد که مصرف کود حیوانی و ورمی‌کمپوست تأثیری بر بهبود عملکرد اسفرزه نداشت (Fallahi *et al*., 2018). نتایج تحقیق دیگری نیز نشان داد که با افزایش میزان مصرف کود نیتروژن به سطوح بیش از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، میزان عملکرد اسفرزه رو به کاهش گذاشت (Karimzadeh and Omidbaigi, 2004). نتایج پژوهش دیگری در خصوص اثر مصرف سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد اسفرزه نشان داد که بین مقادیر ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری نبود، اما مصرف بیشترِ نیتروژن باعث کاهش عملکرد حتی به میزانی کمتر از تیمار عدم مصرف کود شد (Ashraf *et al*., 2006).

انتخاب تراکم مطلوب باعث می‌شود که گیاه بتواند به خوبی از عوامل محیطی استفاده کرده و در عین حال رقابت‌های بین بوته‌ای و درون بوته‌ای را به حداقل برساند. تراکم بیش از حد می‌تواند باعث کاهش عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و شاخص‌های کلروفیلی در گیاه شود (Varvel *et al*., 1997). گیل و نارانگ (Gill and Narang, 1993) نشان دادند، که افزایش بیش از حد تراکم بوته منجر به افزایش رقابت بین گیاهی، بسته شدن نامتناسب سایه‌انداز گیاهی، عدم توزیع مناسب تشعشع نوری در جامعه گیاهی، کمبود مواد غذایی قابل دسترس و کاهش مقدار سبزینگی می‌شود. نجفی و رضوانی‌مقدم (Najafi and Rezvani Moghadam, 2001- 2002) در بررسی تأثیر تراکم کاشت بر گیاه اسفرزه نتیجه گرفتند که افزایش تراکم تا سطح ۱۴۰ بوته در مترمربع موجب افزایش عملکرد دانه گردید. صباغ نکونام و رزمجو (Sabagh Nekonam and Razmjoo, 2007) نیز ضمن ارزیابی تأثیر تراکم گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه به این نتیجه رسیدند که با افزایش تراکم گیاهی تا سطح ۱۶۰ بوته در متر مربع، عملکرد بذر و عملکرد بیولوژیک بالا می‌رود. رحیمی و همکاران (Rahimi *et al*, 2014) نیز تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع را برای اسفرزه مناسب دانستند. موسوی و همکاران (Mosavi *et al*., 2012) سه سطح تراکمیِ ۱۶، ۲۲ و ۳۳ بوته در مترمربع را در شرایط اقلیمیِ بیرجند مطالعه و نتیجه گرفتند که بیشترین عملکرد بذر اسفرزه از بالاترین تراکم گیاهیِ به‌دست آمد. با وجود این‌که در اکثر مطالعات تراکم توصیه‌شدۀ اسفرزه بیش از ۱۰۰ بوته در مترمربع می‌باشد، یکی از اهداف آزمایش کنونی بررسی این فرضیه بود که آیا در صورت انتخاب سطوح تراکمیِ کمتر از حد مطلوب، گیاه خواهد توانست با تولید پنجۀ بیشتر اثر جبران‌کنندگی داشته باشد. با توجه به ضرورت درک پاسخ‌های رشدیِ گیاهان زراعی جدید مانند اسفرزه به عوامل مدیریت زراعی، این پژوهش با هدف بررسی سازگاری و نیز ارزیابی رشد و عملکرد این گیاه در سطوح مختلف تراکم کاشت و مصرف منفرد و تلفیقی منابع کودی در شرایط اقلیمی استان خراسان جنوبی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار و تابستان سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی

دانشکده کشاورزی سرایان با طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۳۱ دقیقهٔ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۱ دقیقهٔ شمالی و ارتفاع ۱۴۸۴متر از سطح دریا اجرا شد. هدف از اجرای این تحقیق، بررسی اثر تراکم بوته و مدیریت تغذیه‌ای بر رشد و عملکرد گیاه دارویی اسفرزه بود. شهرستان سرایان دارای آب و هوای نسبتاً معتدل، زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد و میانگین درازمدت دما و بارندگی سالیانه آن به‌ترتیب ۲۴ درجه سانتی‌گراد و ۱۵۲/۸ میلی‌متر می‌باشد. مهم‌ترین اطلاعات اقلیمی این منطقه در طی دوره اجرای آزمایش در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱- برخی اطلاعات اقلیمی سرایان در طی دوره اجرای آزمایش (داده‌ها از اداره هواشناسی شهرستان سرایان گرفته شده است).

Table 1- Some climatic parameters of Sarayan during the experimental period (data has been taken from Sarayan meteorological office).

ماه (Month)	دمای حداقل Minimum temperature (°C)	دمای حداکثر Maximum temperature (°C)	میانگین دما Average temperature (°C)	بارندگی Rainfall (mm)	تبخیر Evaporation (mm)	ساعات آفتابی Sunny hours	رطوبت نسبی Relative humidity (%)
فروردین (April–March)	12.9	24.9	18.9	0.3	6.42	8.07	36.9
اردیبهشت (May–April)	16.7	31.1	23.9	0.3	9.11	9.45	22.36
خرداد (June–May)	21.7	37.5	29.6	0	13.07	12.35	11.66
تیر (June-July)	21.9	36.7	29.3	0	13.31	12.5	14.16

فاکتورهای مورد مطالعه به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. تیمارهای کودی شامل مصرف منفرد (۴۰ تن در هکتار کود دامی (کود گاوی) و ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی از منبع کود کامل NPK) و تلفیقی (۴۰ تن کود دامی +۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی و ۲۰ تن کود دامی +۴۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی) منابع کودی بودند که به همراه تیمار شاهد (عدم مصرف کود) مورد مقایسه قرار گرفتند. انتخاب تیمارهای کودی با توجه به نتایج آزمایش خاک و توصیه کودیِ آزمایشگاه و با در نظر گرفتن نتایج آزمایش لطفی و همکاران (Lotfi *et al*., 2009) صورت گرفت. فاکتور تراکم کاشت نیز در سه سطح ۲۰، ۴۰ و ۶۰ بوته در متر مربع ارزیابی شد. انتخاب تراکم‌های کمتر از نتایج به‌دست آمده در برخی آزمایش‌های مشابه (Rahimi *et al*., 2014) با هدف ارزیابی امکان جبران‌کنندگیِ عملکرد از طریق افزایش تعداد پنجه و بهبود اجزای عملکرد در شرایط کاشتِ کم‌تراکم، صورت گرفت. در تیمار مصرف کود شیمیایی، از کود کامل NPK (با نسبت ۲۰: ۲۰: ۲۰ از نیتروژن، P_2O_5 و K_2O) استفاده شد. تمامی کود گاوی قبل از کاشت گیاه مصرف شد و کود شیمیایی نیتروژن نیز در دو مرحله در تاریخ‌های ۱۴ و ۲۳ اردیبهشت ماه مورد استفاده قرار گرفت. درصد برخی از عناصر غذایی موجود در کود گاویِ مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- ترکیب مواد معدنی موجود در کود گاوی مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Mineral composition of cow manure used in the experiment

عنصر Nutrient	نیتروژن N	فسفر P	پتاس K	کلسیم Ca	منیزیم Mg	سدیم Na	گوگرد S
درصد (%)	2.26	0.64	2.04	1.42	0.44	0.15	0.40

پس از اجرای عملیات آماده‌سازی شامل شخم، دیسک و تسطیح زمین، کرت‌های آزمایشی با ابعاد ۲/۵ × ۲ متر ایجاد شد و در درون هر کرت تعداد پنج جوی و پشته احداث گردید. قبل از اجرای آزمایش یک نمونهٔ مرکب خاک از محل اجرای آزمایش تهیه و در آزمایشگاه برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۳). کاشت بذر در تاریخ ۲۱ فروردین ماه سال ۱۳۹۶ با تراکم بیش از سطوح تعریف شده به‌صورت کاشت در طرفین پشته انجام شد و پس از رسیدن گیاه به مرحله سه برگی عمل تنک کردن بوته‌ها جهت حصولِ تراکم مورد نظر در هر کرت انجام شد. کاشت بذر به‌صورت سطحی (عمق حدود یک سانتی‌متر) صورت گرفت و روی بذور با استفاده از ماسه بادی پوشیده شد. در طی فصل رشد گیاه پنج مرحله آبیاری در مراحل جوانه‌زنی، سبز شدن، پنجه‌دهی، ظهور سنبله و دانه بستن صورت گرفت.

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش
Table 3- Physical and chemical properties of soil in the experimental site

هدایت الکتریکی Electrical conductivity (m^{-1}.dS)	اسیدیته خاک pH	درصد نیتروژن کل Total nitrogen (%)	درصد کربن آلی Organic carbon (%)	فسفر کل Total phosphorus	پتاسیم کل Total potassium	سدیم کل Total sodium	سیلت Silt	رس Clay	شن Sand	بافت خاک Soil texture
				(mg kg^{-1})				(%)		
0.93	7.9	0.09	0.37	9	105	35.7	47	25	28	لومی Loamy

محتوی کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید و شاخص سبزینگی (عدد اسپد) در اواخر خردادماه مورد سنجش قرار گرفت. میزان شاخص سبزینگی با استفاده از کلروفیل‌متر دستی (دستگاه SPAD مدل CL01) به‌صورت غیرتخریبی، در یک نوبت، در مرحله گلدهی و از جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه‌یافته اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری محتوای رنگدانه‌های برگ، مقدار نیم گرم از ماده تر گیاهی را در هاون چینی ریخته، سپس با استفاده از نیتروژن مایع آن را له کرده و ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به نمونه اضافه گردید. پس از آن نمونهٔ تهیه شده در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. عصاره جدا شدهٔ فوقانیِ حاصل از سانتریفیوژ به بالن شیشه‌ای منتقل شد و بعد مقداری از نمونهٔ داخل بالن را در کووت اسپکتروفتومتر ریخته و به‌طور جداگانه میزان جذب در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a، ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ برای کاروتنوئیدها قرائت شد. در نهایت با استفاده از روابط زیر مقدار هر یک از رنگدانه‌ها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونهٔ برگ به‌دست آمد (Arnon, 1967). در این روابط، V= حجم محلول صاف شده، A= جذب در طول موج‌های قرائت شده و W= وزن تر نمونه بر حسب گرم می‌باشند.

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 * A663 - 0.86 * A645)\ V/100W$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 * A645 - 3.6 * A663)\ V/100W$$

$$\text{Carotenoids} = 100(A470) - 3.27(\text{mg chl. a}) - 104(\text{mg chl. b})/227$$

در مرحله رسیدگی کامل گیاه (۱۲ تیر ماه)، تعداد پنج بوته از هر کرت به‌طور تصادفی برداشت و صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ و وزن خشک تک‌بوته تعیین شد. سپس با حذف اثرات حاشیه (دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت) سایر بوته‌های هر کرت برداشت شدند. بوته‌های برداشت شده در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در آون به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و پس از توزین، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک (دانه + کاه و کلش) بر حسب کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. درصد شاخص برداشت نیز با تقسیم نمودن عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک (× ۱۰۰) محاسبه گردید. شاخص‌های کیفی دانه از جمله فاکتور تورم و نیز درصد و عملکرد موسیلاژ نیز در این آزمایش اندازه‌گیری شد که نتایج آن در مقاله دیگری (Khavari *et al.*, 2019) ارایه شده است.

در پایان داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

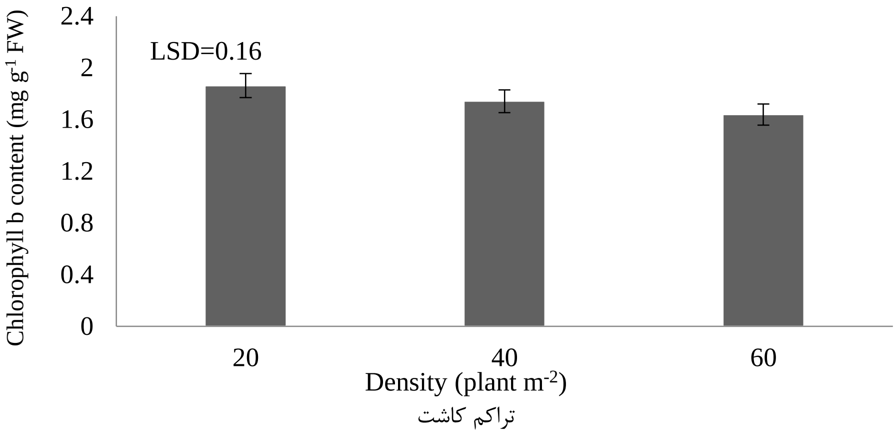
ارتفاع بوته: تأثیر کاربرد کودهای شیمیایی و دامی در تراکم‌های مختلف کاشت بر ارتفاع بوته در گیاه دارویی اسفرزه معنی‌دار نشد (جدول ۴). با این وجود، بیش‌ترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار عدم مصرف کود در تراکم کشت ۶۰ بوته در متر مربع و کم‌ترین میزان این صفت مربوط به تیمار مصرف منفرد کود شیمیایی در تراکم ۲۰ بوته در متر مربع بود (جدول ۵).

تعداد برگ در بوته: نتایج تجزیه واریانس بیان‌گر عدم تأثیر معنی‌دار مصرف منابع کودی در تراکم‌های مختلف کاشت بر صفت تعداد برگ در هر بوته اسفرزه بود (جدول ۴).

رنگیزه‌های فتوسنتزی:

محتوی کاروتنوئید: تأثیر کودهای مصرفی و تراکم‌های مختلف کاشت بر مقدار کارتنوئید برگ اسفرزه معنی‌دار نشد (جدول ۶). با این وجود، بیش‌ترین میزان کاروتنوئید (۰/۴۳) مربوط به تیمار عدم مصرف کود با تراکم ۲۰ بوته در مترمربع و کم‌ترین مقدار آن (۰/۲۸) مربوط به تیمار مصرف همزمان ۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی + ۴۰ تن کود دامی در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع بود (جدول ۷). همچنین نتایج تجزیه واریانس بیانگر عدم تأثیر معنی‌دار مصرف منابع کودی و تراکم‌های مختلف کاشت بر عدد اسپد (SPAD) در گیاه اسفرزه بود (جدول ۶). بیش‌ترین مقدار سبزینگی (۵۲/۸) در تیمار شاهد با تراکم ۲۰ بوته و کم‌ترین مقدار (۴۵/۴۳) این مؤلفه در تیمار کاربرد ۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی+ ۴۰ تن کود دامی در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع حاصل شد (جدول ۷). در باره محتوی کلروفیل b نیز

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تراکم گیاهی بر مقدار کلروفیل b معنی‌دار بود، ولی اثر مصرف کودهای مختلف و همچنین اثر متقابل کود و تراکم کاشت بر این شاخص معنی‌دار نبود (جدول ۶). بیشترین غلظت کلروفیل b مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) با تراکم ۲۰ بوته در مترمربع و کم‌ترین آن مربوط به تیمار مصرف ۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی+ ۴۰ تن در هکتار کود دامی در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع بود. با افزایش تراکم گیاهی از ۲۰ به ۴۰ و ۶۰ بوته در مترمربع از غلظت کلروفیل b در برگ‌های اسفرزه به‌ترتیب به میزان ۷ و ۱۳ درصد کاسته شد (شکل ۱).



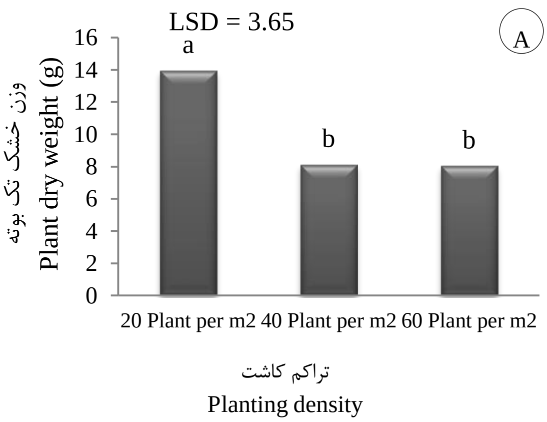
شکل ۱- اثر تراکم کاشت بر محتوای کلروفیل b در برگ¬های گیاه دارویی اسفرزه

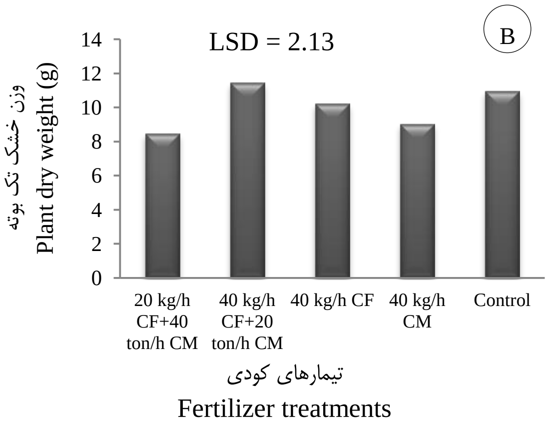
اختلاف ستون‌هایی که دارای حروف الفبایی مشابه هستند از لحاظ آماری در سطح حداقل ۵ درصد (LSD) معنی¬دار نیست.

Figure 1- Effect of planting density on chlorophyll b content in the leaves of Plantago ovate

Differences of the columns that have the same letters non statistically significant at 5% (LSD) level of significance.

وزن خشک تک‌بوته: نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که کاربرد منابع کودی و تراکم‌های مختلف کاشت بر وزن خشک تک‌بوته در گیاه اسفرزه تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها (شکل ۲) نشان داد که بیشترین وزن خشک بوته مربوط به تیمار مصرف ۲۰ تن کود دامی+ ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی بود. همچنین تراکم ۲۰ بوته در مترمربع نسبت به تیمار کاشت ۶۰ بوته در مترمربع مقدار این شاخص را ۲۶ درصد بهبود بخشید. با توجه به این‌که با کاهش تراکم، نور و مواد غذایی بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، گیاه می‌تواند رشد بیشتری داشته باشد.

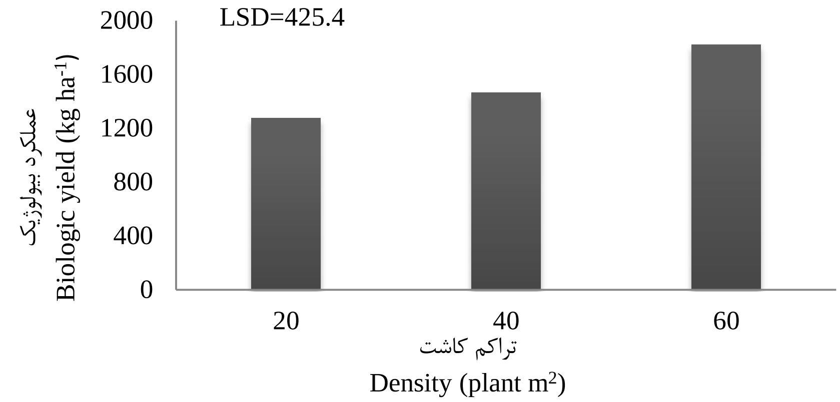




شکل ۲- اثرات ساده تراکم کاشت (A) و مصرف منابع کودی (B) بر وزن خشک تک بوته در گیاه دارویی اسفرزه کود دامی (CM) و کود شیمیایی (CF). اختلاف ستون هایی که دارای حروف الفبایی مشابه هستند از لحاظ آماری در سطح حداقل ۵ درصد (**LSD**) معنی‌دار نیست.

Figure 2- Effect of planting density (A) and fertilizer application (B) on plant dry of Isabgol. CM= Cow manure, CF= Chemical fertilizer. Differences of the columns that have the same letters non statistically significant at 5% (LSD) level of significance.

عملکرد بیولوژیک: نتایج تجزیه واریانس نشان داد کـه تـأثیر مصرف کودهای مختلف بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبـود، امـا اثـر تراکم گیاهی بر این شاخص معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار بین تراکم‌های مورد بررسی می‌باشد به‌گونه‌ای که مقدار این شاخص با کاهش تراکم از ۶۰ بوته به ۴۰ و ۲۰ بوته در متر مربع به‌ترتیب به میزان ۱۹/۷ و ۳۰ درصد کاهش پیدا کرد (شکل ۳).

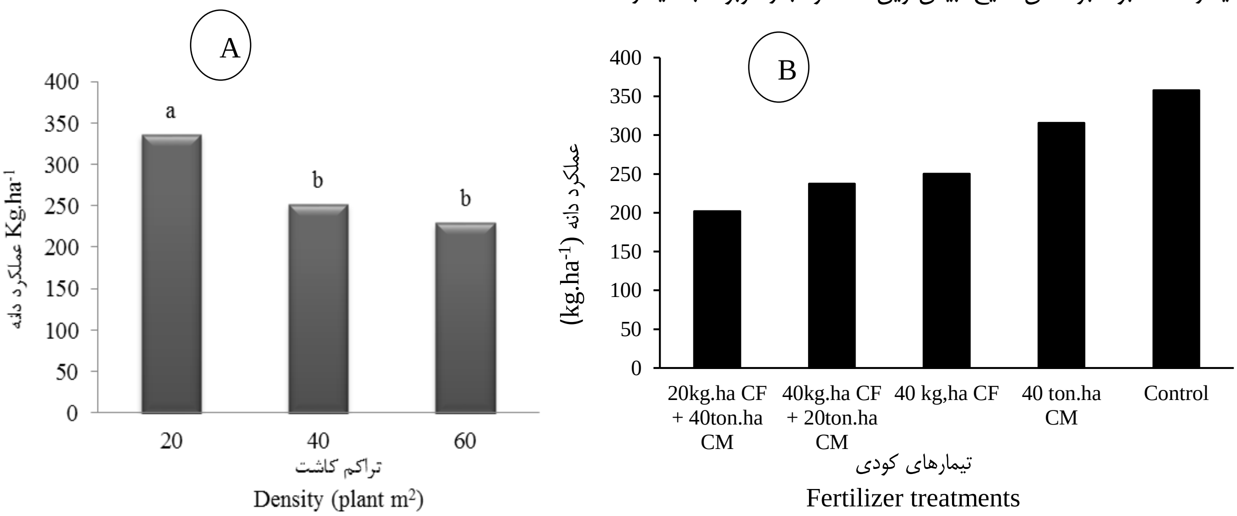


شکل ۳- اثر تراکم کاشت بر عملکرد بیولوژیک در گیاه دارویی اسفرزه. اختلاف ستون‌هایی که دارای حروف الفبایی مشابه هستند از لحاظ آماری در سطح حداقل ۵ درصد (**LSD**) معنی‌دار نیست.

Figure 3- Effect of planting density on biological yield in isabgol medicinal plant. Differences of the columns that have the same letters non statistically significant at 5% (LSD) level of significance.

عملکرد دانه: اثرات ساده مصرف منابع کودی و تـراکم کاشـت بر عملکرد بذر در گیاه دارویی اسفرزه معنی‌دار بود، امـا تـأثیر متقابـل این دو بر صفت مذکور معنـی‌دار نبـود (جـدول ۴). مصـرف منفـرد و تلفیقی منـابع کـودی بـر عملکـرد بـذر اثـر منفـی بـر جـا گذاشـت، به‌طوری‌که به‌عنوان مثال مقدار این شاخص در تیمار مصرف هم‌زمان ۴۰ تن کود دامی و ۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی حدود ۴۳ درصد کمتر از تیمار شاهد بود. براساس نتایج، بیش‌ترین عملکرد بذر مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) و کم‌ترین عملکرد مربوط به تیمـار مصـرف تلفیقی ۴۰ تن کود دامی و ۲۰ کیلوگرم کود شـیمیایی در هکتـار بـود (شکل ۴).

شاخص برداشت: نتایج تجزیه واریانس نشـان داد کـه تـأثیر مصرف کودهای دامی و شیمیایی و تـراکم‌هـای مختلـف کاشـت بـر شاخص برداشت اسفرزه معنی‌دار نیست (جدول ۴).



شکل ٤- اثرات ساده تراکم کاشت (A) و مصرف منابع کودی (B) بر عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار در گیاه دارویی اسفرزه، CM= کود دامی و CF= کود شیمیایی. اختلاف ستون‌هایی که دارای حروف الفبایی مشابه هستند از لحاظ آماری در سطح حداقل ۵ درصد (LSD) معنی‌دار نیست.

Figure 4- Effect of planting density (A) and fertilizer application (B) grain yield (kg.ha-1) of Isabgol. CM=cow manure, CF=chemical fertilizer. Differences of the columns that have the same letters non statistically significant at 5% (LSD) level of significance.

جدول ٤- میانگین مربعات مربوط به صفات رویشی و عملکرد گیاه دارویی اسفرزه تحت تأثیر مصرف منفرد و تلفیقی کودهای دامی و شیمیایی در سطوح مختلف تراکم کاشت

Table 4- Mean of squares for vegetative traits and yield of Isabgol under the effect of single and combined application of organic and chemical fertilizers at different levels of planting density

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	وزن خشک تک-بوته Plant dry weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	0.144ns	70.75ns	11.82ns	42159.28ns	876163ns	85.429ns
تراکم Density	2	13.264ns	56.62ns	172.32**	190576*	1154925*	60.984ns
کود Fertilizer	4	3.389ns	926.36ns	14.4*	142183**	688472ns	13.816ns
تراکم × کود × Density Fertilizer	8	5.513ns	674.73ns	8.36ns	23507.31ns	227107ns	8.765ns
خطا Error	28	6.226	884.66	4.94	26329.66	323600	44.005
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)	–	14. 9	40.6	22.2	29.7	37.4	18.9

ns، *و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند.

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively, ns: Non- Significant.

جدول ۵- مقایسه میانگین مربوط به تأثیر متقابل انواع کود و تراکم گیاهی بر ارتفاع، تعداد برگ و شاخص برداشت اسفرزه

Table 5- Mean comparison for the interactions effects of fertilizers and plant density on height, leaf number and harvest index in Isabgol

تراکم کاشت Planting density	نوع کود مصرفی Fertilizer	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	شاخص برداشت Harvest index (%)
۲۰ بوته در مترمربع 20 plant per m^2	Control – شاهد	15.78	78.00	36.46
	۴۰ تن کود دامی 40 t ha^{-1} CM	17.18	83.66	34.33
	۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی 40 kg ha^{-1} CF	13.46	61.00	31.33
	۲۰ تن کود دامی و ۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی 20 t ha^{-1} CM+ 40 kg ha^{-1} CF	16.36	62.33	35.32
	۲۰کیلوگرم کود شیمیایی و ۴۰ تن کود دامی 40 t ha^{-1} CM+ 20 kg ha^{-1} CF	15.68	70.00	30.69
۴۰ بوته در مترمربع 40 plant per m^2	Control – شاهد	17.07	62.33	35.37
	۴۰ تن کود دامی 40 t ha^{-1} CM	17.45	67.00	35.09
	۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی 40 kg ha^{-1} CF	18.41	83.66	34.85
	۲۰ تن کود دامی و ۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی 20 t ha^{-1} CM+ 40 kg ha^{-1} CF	18.09	83.66	32.45
	۲۰کیلوگرم کود شیمیایی و ۴۰ تن کود دامی 40 t ha^{-1} CM+ 20 kg ha^{-1} CF	16.43	94.66	33.91
۶۰ بوته در مترمربع 60 plant per m^2	Control – شاهد	19.19	99.33	39.21
	۴۰ تن کود دامی 40 t ha^{-1} CM	17.50	56.66	35.22
	۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی 40 kg ha^{-1} CF	15.92	69.66	36.93
	۲۰ تن کود دامی و ۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی 20 t ha^{-1} CM+ 40 kg ha^{-1} CF	15.36	50.33	38.93
	۲۰کیلوگرم کود شیمیایی و ۴۰ تن کود دامی 40 t ha^{-1} CM+ 20 kg ha^{-1} CF	17.41	93.00	36.79
	LSD 0.05	4.2	29.7	11.1

CM= cow manure, CF= chemical fertilizer

جدول ٦- میانگین مربعات مربوط به محتوای کلروفیل و کاروتنوئید برگ در گیاه دارویی اسفرزه تحت تأثیر مصرف منفرد و تلفیقی کودهای دامی و شیمیایی در سطوح مختلف تراکم کاشت

Table 6- Mean of squares for chlorophyll and carotenoids contents in leaves of Isabgol under the effect of single and combined application of organic and chemical fertilizers at different levels of planting density

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	غلظت کلروفیل a Chlorophyll a	غلظت کلروفیل b Chlorophyll b	مقدار کاروتنوئید Carotenoid	شاخص سبزینگی (اسپد) Spade
بلوک Block	2	10.625*	0.125ns	0.002ns	9.074ns
تراکم Density	2	7.943ns	0.186*	0.010ns	10.972ns
کود Fertilizer	4	6.381ns	0.129ns	0.007ns	20.872ns
تراکم × کود Fertilizer× Density	8	5.114ns	0.091ns	0.004ns	13.808ns
خطا Error	28	2.475	0.049	0.003	17.310
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)	–	18. 4	12. 7	15.5	8.4

ns، *و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند.

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively, ns: Non- Significant.

جدول ۷- مقایسه میانگین مربوط به محتوای کلروفیل و کاروتنوئید برگ در گیاه دارویی اسفرزه تحت تأثیر مصرف منفرد و تلفیقی کودهای دامی و شیمیایی در سطوح مختلف تراکم کاشت

Table 7- Mean comparison for chlorophyll and carotenoids contents in leaves of Isabgol under the effect of single and combined application of organic and chemical fertilizers at different levels of planting density

تراکم کاشت Planting density	نوع کود مصرفی Fertilizer	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)	کاروتنوئید Carotenoid (mg g^{-1} FW)	شاخص سبزینگی (اسپد) SPAD
۲۰ بوته در مترمربع 20 plant per m^2	Control – شاهد	11.04	0.434	52.80
	۴۰ تن کود دامی 40 t ha^{-1} CM	7.417	0.349	51.23
	۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی 40 kg ha^{-1} CF	9.01	0.415	46.56
	۲۰ تن کود دامی و ۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی 20 t ha^{-1} CM+ 40 kg ha^{-1} CF	10.59	0.426	50.70
	۲۰کیلوگرم کود شیمیایی و ۴۰ تن کود دامی 40 t ha^{-1} CM+ 20 kg ha^{-1} CF	8.59	0.368	50.50
۴۰ بوته در مترمربع 40 plant per m^2	Control – شاهد	9.49	0.403	50.40
	۴۰ تن کود دامی 40 t ha^{-1} CM	8.74	0.400	50.06
	۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی 40 kg ha^{-1} CF	9.18	0.393	50.50
	۲۰ تن کود دامی و ۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی 20 t ha^{-1} CM+ 40 kg ha^{-1} CF	6.89	0.326	49.50
	۲۰کیلوگرم کود شیمیایی و ۴۰ تن کود دامی 40 t ha^{-1} CM+ 20 kg ha^{-1} CF	8.05	0.352	46.56
۶۰ بوته در مترمربع 60 plant per m^2	Control – شاهد	8.97	0.388	51.50
	۴۰ تن کود دامی 40 t ha^{-1} CM	9.72	0.410	49.10
	۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی 40 kg ha^{-1} CF	7.85	0.326	51.26
	۲۰ تن کود دامی و ۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی 20 t ha^{-1} CM+ 40 kg ha^{-1} CF	6.79	0.318	45.96
	۲۰کیلوگرم کود شیمیایی و ۴۰ تن کود دامی 40 t ha^{-1} CM+ 20 kg ha^{-1} CF	6.07	0.282	45.43
LSD		2.6	9.6	6.9

CM= cow manure, CF= chemical fertilizer

در پژوهش حاضر هرچند عملکرد تک‌بوته با افزایش تراکم بوته کاهش پیدا کرد، اما به دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک و عملکرد بذر با زیاد شدن تراکم افزایش یافت و بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک از تراکم ۶۰ بوته در متر مربع حاصل گردید بنابراین، استفاده از تراکم حداقل ۶۰ بوته در مترمربع و عدم مصرف مستقیم کود در زراعت اسفرزه توانست عملکرد بذر مطلوبی را ایجاد نماید. در تمامی گیاهان برای دست‌یابی به حداکثر رشد و عملکرد بایستی بهترین تراکم و توزیع متناسب بوته‌ها در واحد سطح زمین را عملی نماییم (Latmahalleh *et al*., 2011). در تراکم مطلوب، عوامل محیطی به نحو مناسبی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و رقابت‌های بین بوته‌ای و درون بوته‌ای به حدقل می‌رسد (Aminpour and Mousavi, 1996). مایرا و همکاران (Maurya *et al*., 2013) افزایش ارتفاع و کاهش تعداد شاخه فرعی گیاه بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) را در تراکم بالا نسبت به تراکم‌های پایین‌تر مشاهده کردند. در آزمایشی که کوچکی و همکاران (Koocheki *et al*., 2015) بر روی گیاه دارویی بالنگو (*Lallemantia iberica*) انجام دادند به این نتیجه رسیدند که افزایش تراکم از ۶۰ به ۸۰ بوته در مترمربع باعث افزایش رقابت برای جذب نور و در نتیجه افزایش ارتفاع گیاه شد. در بسیاری از گیاهان افزایش تراکم سبب کاهش فضای تغذیه‌ایِ در دسترس بوته‌ها، افزایش رقابت بر سر عناصر غذایی و نیز سایه‌اندازی و رقابت بوته‌ها برای جذب نور شده که پیامد آن کاهش تعداد شاخه جانبی و افزایش ارتفاع گیاه می‌باشد. با این وجود در تیمارهای با تراکم پایین مقدار ارتفاع بوته به‌طور نسبی کمتر از تیمارهای با تراکم بالاتر بود. مرادی توچایی و همکاران (Moraditochaee *et al*., 2012) نیز گزارش کردند که افزایش تراکم گیاهی، ارتفاع بوته در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) را افزایش داد. ارتفاع بوته اسفرزه از مصرف منفرد و تلفیقی عناصر غذایی تأثیر مثبتی نپذیرفت. این موضوع می‌تواند ناشی از کودپذیری پایین این گیاه باشد (Fallahi *et al*., 2018). در پژوهش لطفی و همکاران (Lotfi *et al*., 2009) بر روی گیاه اسفرزه، مصرف کود دامی نسبت به عدم مصرف کود بر روی اکثر صفات مورد مطالعه اثر مثبتی داشت. نتایج کم و بیش مشابهی نیز توسط محققان دیگری (Chatterjee, 2009) گزارش شده است. عدم تأثیر مصرف منابع کودی بر رشد رویشی اسفرزه می‌تواند متأثر از عوامل محیطی و ژنتیکی می‌باشد (Lotfi *et al*., 2009). از یک طرف احتمالاً مصرف کود دامی در یک سال زراعی آن‌هم در مورد اسفرزه که دارای دوره رشد کوتاهی می‌باشد، نتوانسته است باعث فراهمی مناسب عناصر غذایی و بهبود ساختمان و دیگر خصوصیات خاک شود و از طرفی دیگر، مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق (توده بومی سرایان) احتمالاً دارای قابلیت کودپذیری پایینی بوده و ضرورت انجام کارهای اصلاحی بر روی این گیاه دارویی جهت معرفی ارقام اصلاح شده را مورد تأکید قرار می‌دهد.

حیدری و همکاران (Heidari *et al*., 2008) بهترین تراکم برای به‌دست آوردن حداکثر تعداد برگ در گیاه اسفرزه را تراکم ۶۰ بوته در مترمربع بیان کردند. کاهش تعداد برگ در اثر استفاده از کودهای دامی و شیمیایی بیانگر این موضوع است که اسفرزه نیاز به عناصر غذایی کمی داشته یا استفاده از کود، به‌خصوص کود شیمیایی باعث کاهش کیفیت خاک و درنتیجه موجب کاهش تعداد برگ در گیاه شده است. استفاده بیش از حدِ کودهای شیمیایی، عملکرد گیاهان دارویی را کاهش می‌دهد. کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی خاک، اُفت خصوصیات فیزیکی خاک و عدم وجود ریزمغذی‌ها در کودهای حاوی عناصر پرمصرف می‌باشد (Adediran *et al*., 2004). در تراکم مطلوب، عوامل محیطی مثل آب، نور و امکانات موجود در خاک به نحو مناسب‌تری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (Aminpour and Mousavi, 1996). تحقیقات پیرامون اثر تراکم بوته در واحد سطح بر عملکرد و اجزای عملکرد حکایت از آن دارد که اغلب همراه با افزایش تراکم بوته میزان عملکرد در واحد سطح افزایش، اما عملکرد تک‌بوته کاهش می‌یابد (Russelle *et al*., 1984). نتایج حاصل از پژوهش بریماوندی و همکاران (Berimavandi *et al*., 2011) روی همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) نشان داد با افزایش تراکم گیاهی، از ۲۰ به ۸۰ بوته در مترمربع، وزن خشک تک‌بوته کاهش یافت، در حالی‌که بیشترین عملکرد بیولوژیک از تراکم ۶۰ بوته در مترمربع حاصل شد. به گزارش یاداو و همکاران (Yadave *et al*., 2002) وزن خشک تک‌بوته در گیاه اسفرزه در شرایط کاربرد تلفیقی کود دامی و شیمیایی نسبت به کاربرد جداگانه کود اوره افزایش یافت. استفاده همزمان کودهای شیمیایی و دامی بازدهی استفاده از کود را افزایش داده و عناصر غذایی بیشتری را در دسترس گیاه قرار می‌دهد (Shah and Ahmad, 2006). دری (Dorry, 2009) در پژوهشی گزارش نمود که هرچه تراکم بوته افزایش یابد، وزن خشک اندام هوایی در واحد سطح نیز افزایش می‌یابد. در تحقیق مذکور همبستگی وزن خشک اندام هوایی گیاه با میزان عملکرد دانه مثبت نشان داده شد. در پژوهش دیگری که توسط رحمتی و همکاران (Rahmati *et al*., 2009) در گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) انجام شد، مشخص گردید که افزایش تراکم بوته، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد گل خشک شد. عدم تأثیر معنی‌دار و حتی تأثیر کاهشیِ نسبی مصرف منابع کودی بر عملکرد بیولوژیک اسفرزه می‌تواند حاکی از نیاز غذایی کم این گیاه و وجود مقادیر کافی از عناصر غذایی در خاک محل اجرای آزمایش برای تأمین نیاز این گیاه باشد، به‌طوری که مصرف منابع کودی ممکن است باعث وقوع سمیّت عناصر غذایی در این گیاه شده باشد. در تحقیق تبریزی (Tabrizi, 2004) نیز مشخص

شد که سطوح مختلف کود دامی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کاه و کلش اسفرزه نداشت.

فلاحی و همکاران (Fallahi *et al*., 2018) در پژوهشی عدم تأثیر مصرف منابع کودی بر عملکرد اسفرزه را به کودپذیری کم و نیاز غذایی پایین این گیاه نسبت داده و بیان داشتند که مصرف مستقیم عناصر غذایی در زراعت اسفرزه سودمند نیست و بهتر است آن‌ها را در زراعت قبل از اسفرزه در طی تناوب مصرف نمود. محققان دیگری (Lotfi *et al*., 2009; Tabrizi, 2004) نیز بیان کردند که سطوح مختلف کود دامی تأثیر زیادی بر عملکرد دانه اسفرزه نسبت به تیمار شاهد نداشتند. تراکم گیاهی تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر عملکرد بذر گیاه اسفرزه داشت، به‌طوری‌که مقدار این صفت در سطوح ۴۰ و ۶۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب ۱۰ و ۳۹ درصد بیشتر از تراکم ۲۰ بوته در مترمربع بود (جدول ۶). یافته‌های دری و همکاران (Dorry *et al*., 2005) حاکی از آن است که هرچه تراکم افزایش یابد وزن خشک اندام هوایی در واحد سطح نیز افزایش یافته و همبستگی وزن خشک اندام هوایی گیاه با میزان عملکرد دانه مثبت و ۰/۸۳ می‌باشد. صباغ نکونام و رزمجو (Sabagh Nekonam and Razmjoo, 2007) و رحیمی و همکاران (Rahimi *et al*., 2014) نیز به‌ترتیب تراکم‌های ۱۶۰ و ۱۰۰ بوته در مترمربع را برای حصول بیشترین عملکرد بذر در اسفرزه (به‌ترتیب به میزان ۳۶۷ و ۷۶۵ کیلوگرم در هکتار) مناسب دانستند. نتایج آزمایش کنونی نشان داد با وجود انتخاب سطوح تراکمیِ کمتر در مقایسه با آزمایش‌های مشابه (Rahimi *et al*., 2014)، اما در بالاترین سطح تراکمیِ یعنی ۶۰ بوته در مترمربع عملکردی مشابه یا حتی بیشتر حاصل شد (۶۷۳ کیلوگرم در هکتار). این یافته‌ها عمدتاً ناشی از بالاتر بودن نسبیِ تعداد پنجه و افزایش قابل‌توجه تعداد دانه در سنبله، طول و وزن سنبله و نیز وزن هزار دانه در آزمایش کنونی بود (داده‌ها در مقاله دیگری ارایه شده است. Khavari *et al*., 2019). بنابراین، به‌نظر می‌رسد در شرایط استفاده از تراکم‌های کمتر، گیاه اسفرزه قادر باشد با بهبود اجزای عملکرد بر عملکرد نهایی اثر جبران‌کنندگی اعمال نماید. در تایید این نتایج، موسوی و همکاران (Mosavi *et al*., 2012) نیز گزارش کردند که عملکرد اسفرزه در شرایط اقلیمی بیرجند در شرایط کاشت تنها ۳۳ بوته در متر مربع، ۵۵۸ کیلوگرم در هکتار بود. شاخص برداشت نشان‌دهنده کسری از ماده خشک گیاه است که به دانه‌ها اختصاص می‌یابد (Eskandari *et al*., 1999). برخی محققین گزارش کرده‌اند که شاخص برداشت گیاهان تحت تأثیر ژنتیک بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Ahmadian *et al*., 2006; Ghasemi Siani *et al*., 2011). بر اساس تحقیق مرادی و همکاران (Moradi *et al*., 2009) تیمارهای مختلف کود آلی تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت رازیانه داشتند، اما به علت کم بودن عملکرد بیولوژیک در تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها، شاخص برداشت در شرایط عدم مصرف کود بیشتر از تیمارهای استفاده از منابع کودی شد. به عبارت دیگر استفاده از کودهای آلی میزان رشد رویشی را نسبت به عملکرد بذر بیشتر تحت تأثیر قرار داد. محققین دیگری نیز کاهش شاخص برداشت رازیانه را در پاسخ به استفاده از کودهای آلی گزارش کرده و آن‌را ناشی از افزایش رشد رویشی ذکر کرده‌اند (Darzi *et al*., 2006).

در فرآیند فتوسنتز، کاروتنوئیدها به‌عنوان رنگیزه محافظتی عمل می‌کنند. در اواخر فصل رشد همزمان با کاهش غلظت کلروفیل گیاهان، میزان کاروتنوئید زیاد می‌شود (Daman, 1999). در ارتباط با تراکم گیاهی نیز موسوی و همکاران (Mosavi *et al*., 2012) دلیل کاهش میزان کاروتنوئید در تراکم بالا را ناشی از عوامل درونی گیاه بر اثر رقابت بوته‌ها برای جذب عناصر غذایی دانستند. آن‌ها بیان داشتند که کاهش سطح برگ در اثر افزایش تراکم نیز می‌تواند باعث کاهش میزان کاروتنوئید موجود در برگ‌ها گردد. محتوای کلروفیل برگ یکی از شاخص‌هایی است که نشان‌دهنده میزان فشارهای محیطی وارد بر گیاه می‌باشد (Rao *et al*., 2008). سلطان‌زاده (Soltaninezhad, 2013) در پژوهش بر روی گیاه خرفه (*Portulaca Oleracea*) به این نتیجه رسید که استفاده از کودهای آلی و شیمیایی منجر به افزایش میزان کلروفیل برگ شد. بر اساس نظر مکنیل (McNeil, 1991) بسیاری از فرآیندهای حیاتی گیاهان مانند سنتز پروتئین، کلروفیل و سنتز آنزیم‌ها وابسته به حضور میزان مناسبی نیتروژن، در بافت‌های آن‌ها می‌باشد. از آن‌جا که گیاه دارویی اسفرزه گیاهی کم‌توقع است (Fallahi *et al*., 2018)، احتمالاً توانسته با همان نیتروژن موجود در خاک محل اجرای آزمایش، مقدار مناسبی کلروفیل تولید نماید. میزان عملکرد بیولوژیک حاصل از گیاه اسفرزه که بسته به تراکم بوته بین ۱۲۷۰ تا ۱۸۲۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود (شکل ۱) تأییدکنندهٔ نیاز غذایی اندک این گیاه می‌باشد. این میزان عملکرد در مقایسه با گیاهان زراعی رایج بسیار کمتر بوده و جهت حصول این میزان عملکرد فراهمی حدود ۴۰ کیلوگرم نیتروژن (با فرض این‌که ۲ درصد پیکر گیاه نیتروژن باشد) و مقادیر کمتری از سایر عناصر غذایی برای این گیاه کفایت خواهد کرد. وایشیا و فیاض قاضی (Vaishya and Fayaz Qazi, 1992) نشان دادند که محتوی کلروفیل برگ نخود با افزایش میزان بذر مصرفی جهت کاشت، کاهش یافت. افزایش کلروفیل برگ در تراکم‌های پایین به دلیل کاهش رقابت بین بوته‌ها در جذب عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن می‌باشد (Vaishya and Fayaz Qazi, 1992). در تحقیقی که حمزه‌ای و همکاران (Hamzei *et al*., 2015) روی گیاه کلزای پاییزه انجام دادند، با افزایش تراکم از ۴۰ به ۸۰ بوته در مترمربع، محتوای کلروفیل برگ کاهش یافت. جوادی و همکاران (Javadi *et al*., 2008) کاهش میزان کلروفیل برگ را ناشی از افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن دانستند که موجب افزایش پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه

این رنگدانه‌ها می‌گردد. بـر خـلاف یافتـه‌هـای عمرانـی (Omrani, 2015) در گیاه خرفه، تیمارهـای کـودی در اسـفرزه نتوانسـت باعـث بهبود شاخص‌های کلروفیلی شود. این موضوع حاکی از نیاز غذایی کم این گیاه می‌باشد. در همین راستا فلاحی و همکاران (Fallahi *et al.*, 2018) گزارش کردند که بهتر است منابع کودی را در زراعت قبـل از اسفرزه مصرف نمود.

نتیجه‌گیری

رشد و عملکرد اسفرزه از مصرف منفرد و تلفیقـی عناصـر غـذایی تأثیر مثبتی نپذیرفت. این موضوع می‌تواند بیانگر نیاز کم این گیاه بـه عناصر غذایی در دوره رشد رویشی باشد، زیـرا تـأثیر آزادسـازی کنـد عناصر غذایی از منبع آلی در مراحل اولیـه رشـد گیـاه بـا منبـع کـود شیمیایی مشابه بود. احتمالاً مصرف کود دامـی در یـک سـال زراعـی آن‌هم در مورد اسفرزه که دارای دوره رشد کوتاهی می‌باشد، نتوانسـته است باعث فراهمی مناسب عناصر غذایی و بهبود سـاختمان و دیگـر خصوصیات خاک شود و از طرفی دیگر، مواد گیاهی مورد اسـتفاده در این تحقیق (توده بـومی سـرایان) احتمـالاً دارای قابلیـت کودپـذیری پایینی بوده و ضرورت انجـام کارهـای اصـلاحی بـر روی ایـن گیـاه دارویی جهت معرفی ارقام اصلاح شده را مورد تأکیـد قـرار مـی‌دهـد. بهتر است منابع کودی را در زراعت قبل از اسـفرزه مصـرف نمـود. در خصوص تراکم کاشت، برای کسب بالاترین عملکرد بیولوژیک، تراکم ۶۰ و بـرای حصـول بیشـترین غلظـت کلروفیـل تـراکم ۲۰ بوتـه در مترمربع مناسب بود. هرچند عملکرد تک‌بوته با افزایش تراکم کـاهش پیدا کرد، اما به دلیل افزایش بوته در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک و عملکرد بذر با زیاد شدن تراکم افزایش یافت. در مجمـوع، اسـتفاده از تراکم حداقل ۶۰ بوته در مترمربـع و عـدم مصـرف مسـتقیم کـود در زراعت اسفرزه توانست عملکرد بذر مطلوبی را ایجاد نماید.

سپاسگزاری

این تحقیق با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه بیرجند انجـام شده است که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Adediran, J. A., Taiwo, L. B., Akande, M. O., Sobulo, R. A., and Idowu O. J. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition 27: 1163-1181.
2. Ahmadian, A., Ghanbari, A., and Galavi, M. 2006. Effect of animal manure on quantitative and qualitative yield and chemical composition of essential oil in cumin (*Cuminum cyminum*). Iranian Journal of Field Crops Research 4: 1-10. (In Persian with English abstract).
3. Aminpour, R., and Mousavi, S. F. 1996. Effects of irrigation frequency on development stages, yield and yield components of cumin. Agriculture and Natural Resources 1 (1): 1-7.
4. Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C., and Metzeger J. D. 2004. Influences of vermicomposts on field emergence, development and grain yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and winter barley (*Hordeum vulgare* L.). Seed Science and Technology 21: 159-178. (In Persian with English abstract).
5. Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23: 112-121.
6. Ashraf, M. Y., Azmi, A. R., Khan, A. H., and Ala, S. A. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxide activity and chlorophyll content in wheat. Acta Physiologiae Plantarum 16 (3): 185-197.
7. Ashraf, M., Ali, Q., and Rha, E. S. 2006 Effect of varying nitrogen regimes on growth, seed yield, and nutrient accumulation in isabgol. Journal of Plant Nutrition 29 (3): 535-542.
8. Berimavandi, A. R., Hashemabadi, D., Ghaziani, M. V. F., and Kaviani, B. 2011. Effects of plant density and sowing date on the growth, flowering and quantity of essential oil of *Calendula officinalis* L. Journal of Medicinal Plant Research 5: 5110-5115. (in Persian).
9. Chatterjee, S. K. 2002. Cultivation of medicinal and aromatic plants in India, a commercial approach. Acta Horticulture 576: 191-202.
10. Daman, M. J. 1999. Principles of Food Chemistry (Chapter 3) Maryland Publishers.
11. Darzi, M. T., Ghalavand, A., Rajali, F., and Sefidkon, F. 2006. Investigation on biological fertilizers effects on yield and yield components of *Foeniculum vulgare* Mill. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22 (4): 292-276. (in Persian with English abstract).
12. Dorry, M. A., Hosseini, S. A., and Babakhanloo, P. 2005. Effect of planting date and seed rate on seed production of *Plantago ovata* in Marahtepeh. Final report of the research project. Agricultural and Natural Resources Research Center of Golestan Province. (in Persian).
13. Dorry, M. A. 2009. Correlation of yield components with quantitative and qualitative seed oil production of *Plantago ovata* under dry conditions of Maraveh Tappeh. Research and construction in Natural Resources 79: 173-178. (in Persian).
14. Ehteramian, K. 2003. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and planting date on yield and yield components of cumin in Kooshkak Region of Fars Province. M. Sc. thesis on Desert Areas Management, Faculty

of Agriculture, Shiraz University. (in Persian)
15. Eskandari, H., Zahtab salmasi, S., Ghasemi Golzan, K., and Ghariha, M. H. 1999. Effect of water restriction on grain yield and oil yield of sesame. Journal of Food Agriculture and the Environment 7 (2): 339-342.
16. Fallahi, H. R., Taherpour Kalantari, R., Asadian, A. H., Aghhavani-Shajari, M., and Ramazani, H. R. 2018. Effect of different soil fertilizing agents on growth and yield of isabgol and black seed as two medicinal plants. Iranian Journal of Field Crop Science. (in Persian with English abstract).
17. Ghasemi Siani, E., Fallah, S., and Tadayyon, A. 2011. Study on yield and seed quality of *Plantago ovata* Forssk under different nitrogen treatments and deficit irrigation. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27 (3): 517-528. (in Persian with English abstract).
18. Gill, M. S., and Narang, R. S. 1993. Yield analysis in Gobbi Sarson (*Brassica napus* L.) to plant density and nitrogen*.* Indian Journal of Agronomy 38*:*257-265.
19. Hamzei, J. M., Seyedi, M., and Babaei, M. 2015. Effect of density and nitrogen on seed quantity and quality of winter rapeseed in Hamedan conditions. Journal of Crop Production 8 (1): 143-159.
20. Heidari, F., Zehtab-Salmasi, S., Javanshir, A., Aliari, H., and Dadpour, M. 2008. Effect of plant density on yield and essential oil production of peppermint (*Mentha piperita* L.). Journal of Agricultural Science and Technology 45 (2): 501-510. (in Persian).
21. Javadi, H., Rashedmohassel, M. V. and Nasrabadi, A. S. 2008. Effect of plant density on agronomic traits, chlorophyll content and shoot transfer percentage in four cultivars of *Sorghum bicolor*. Iranian Journal of Crop Research 5 (2): 271-280. (in Persian with English abstract).
22. Jones, C., Olson-Rutz, K., and Pariera Dinkins, C. 2011. Nutrient uptake timing by crop to assist with fertilizing decisions. Available online at: http://landresources.montana.edu/soilfertility/
23. Karimzadeh, G., and Omidbaigi, R. 2004. Growth and seed characteristics of isabgol (*Plantago ovata* Forsk) as influenced by some environmental factors. Journal of Agricultural Science and Technology 6: 103-110.
24. Khajepour, M. R. 2005. Industrial plants. Agricultural Jihad Publishing House of Isfahan. 581 pages. (in Persian).
25. Khandan, A., Astaraeii, A., Nassiiri Mahalati, M., and Fotovvat, A. 2005. Effects of organic and inorganic fertilizers on yield and yield components of *Plantago ovata* Forsk. Iranian Journal of Field Crop Research 3 (2): 243-253. (in Persian with English abstract).
26. Khavari, M., Behdani, M. A., and Fallahi, H. R. 2019. Influence of planting density, single and combined application of cow manure and chemical fertilizer on mucilage yields in *Plantago ovata*. Journal of Agroecology 11 (3): 1139-1150.
27. Koocheki, A., Bkhshaey, S., Tabraey, A., and Jasfary, B. 2015. Evaluation of the effect of plant density and culture patterns on quantitative and qualitative characteristics of *Lallemantia royleana Benth*. Journal of Agroecology 6 (2): 229-237. (in Persian with English abstract).
28. Latmahalleh, D. A., Niyaki, S. A. N., and Vishekaei, M. N. S. 2011. Effects of plant density and planting pattern on yield and yield components of *Echium amoenum* in North of Iran. Journal of Medicinal Plant Research 5: 932-937.
29. Lotfi, A., Vahabi Sedehi, A., Ghanbari, A., and Heydari, M. 2009. The effect of deficit irrigation and manure on quantity and quality traits of *plantago ovata* Forssk. in Sistan region. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24 (4): 506-518. (in Persian with English abstract).
30. Mandal, K., Saravanan, R., and Maiti, S. 2008. Effect of different levels of N, P and K on downy mildew (*Peronospora plantaginis*) and seed yield of isabgol (*Plantago ovata*). Crop Protection 27 (6): 988-995.
31. Maurya, R. P., Bailey, J. A., Jeff, S. T., and Chandler, A. 2013. Impact of plant spacing and picking interval on the growth, fruit quality and yield of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). American Journal of Agriculture and Forestry 1 (4): 48-54.
32. McNeil, DL. 1991. Growth of *Plantago ovata* in north Western Australia in response to sowing date; sowing rate and mothod of sowing. Tropical Agriculture 63 (3): 289-295.
33. Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., and Lakzian, A. 2009. Effects of biological and organic fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare*. Iranian Journal of Field Crops Research 7 (2): 625-635. (in Persian with English abstract).
34. Moraditochaee, M., Motamed, M. K., Azarpour, E., and Khosravi Danesh, R. 2012. Effects of nitrogen fertilizer and plant density management in corn farming. Journal of Agriculture and Biological Science 7: 133-137.
35. Mosavi, S.G.R., Segatoleslami, M. J., and Pooyan, M. 2012. Effect of planting date and plant density on yield and seed yield components of *Plantago ovata* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27 (4): 681-699. (in Persian with English abstract).
36. Najafi, F., and Rezvani Moghaddam, P. 2001. Effect of irrigation intervals and plant density on the quality and quantity of medicinal plant of *Plantago ovata*. M.Sc Thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian).
37. Najafi, F., and Rezvani Moghaddam, P. 2002. Effect of different irrigation and density regimes on yield and crop characteristics of *Plantago ovata* Forsk. Journal of Agricultural Sciences and Technology 16 (1): 59-65.

38. Omrani, B. 2015. The response of production and shelf-life of purslane plant to nitrogen and phosphorus supply from different fertilizer sources. M.Sc. thesis of Agroecology. Faculty of Agriculture. Shahrekord University. P: 141. (in Persian).
39. Pouryousef, M., Mazaheri, D., Chaiechi, M. R., Rahimi, A., and Tavakoli, A. 2011. Effect of different soil fertilizing treatments on some of agro morphological traits and mucilage of Isabgol (*Plantago ovata Forsk*.). Electronic Journal of Crop Production 3 (2): 193-213. (in Persian with English abstract).
40. Rahimi, A., Jahansoz, M. R., and Rahimian Mashhadi, H. 2014. Effect of drought stress and plant density on quantity and quality charactristics of isabgol (*Plantago ovata*) and French psyllium. Journal of Crop Production and Processing 4 (12): 143-156. (in Persian with English abstract).
41. Rahmati, M., Azizi, M., Hassanzadeh, M., and Neamati, H. 2009. The effect of different levels of plant density and nitrogen on morphological traits, yield, essential oil content and percentage of chamomile (*Matricaria recutita* L.). Journal of Horticulture Science and Technology 23 (1): 27-35. (in Persian with English abstract).
42. Ramash, M. N., Farooqi, A. A., and Subbaiah, T. 1984. Influence of sowing date and nutrient on growth and yield of Isabgul (*Plantago ovata*). Crop Research 2 (2): 169-174.
43. Rao, P. S., Mishra, B., Gupta, S. R., and Rathore, A. 2008. Reproductive stage tolerance to salinity and alkality stresses in rice genotypes. Plant Breeding 127: 256-261.
44. Russelle, M. P., Wilhelm, W. W., Olson, R. A., and Power, J. F. 1984. Growth analysis based on degree days. Crop Science 24: 28- 32. (in Persian with English abstract).
45. Sabagh Nekonam, M., and Razmjoo, K. H. 2007. Effect of plant density on yield, yield components and effective medicine ingredients of blond psyllium (*Plantago ovata Forsk*) Accession. International Journal of Agriculture and Biology 9 (4): 606-609. (in Persian with English abstract).
46. Shah, Z., and Ahmad, M. I. 2006. Effect of integrated use of farm yard manure and urea on yield and nitrogen uptake of wheat. Journal of Agricultural and Biological Science 1 (1): 60-65.
47. Sharifi Ashoorabadi, A. 1998. Survey of soil fertility in ecosystems. Ph.D Thesis in Agriculture, Islamic Azad University, Science and Research Branch. (in Persian).
48. Singer, J. W., Kohler, K. A., Liebman, M., Richard, T. L., Cambardella, C. A., and Buhler, D. D. 2004. Tillage and compost effect on yield of corn, soybean, and wheat and fertility. Agronomy Journal 96: 531-537.
49. Soltaninezhad, F. 2013. Effect of solitary and integrated application of urea fertilizer and cattle manure on cadmium concentration and yield of purslane (*Portulaca oleraceae* L.) medicinal plant. M.Sc. Thesis of Agroecology. Faculty of Agriculture. Shahrekord University. 107p.
50. Tabrizi, L. 2004. Effects of water stress and manure on quantitative and qualitative criteria of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (in Persian with English abstract).
51. Vaishya, R. D., and Fayaz Qazi, M. 1992. Chlorophyll content in chickpea as influenced by seed rate and weed management practices. Chickpea Newsletters 26: 26-27.
52. Varvel, G. E., Schepersand, J. S., and Francis, D. D. 1997. Ability for in season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. Soil Sciences Society of America Journal 61: 1233-1239.
53. Yadave, R. D., Keswa, G. L., and Yadva, S. S. 2002. Effect of integrated use of FYM, and urea and sulphur on growth and yield of isabgol (*Plantago ovata*). Journal of Medicinal and Aromatic Plant science 25: 668-671.
54. Zahoor, A., Ghafor, A., and Muhammad, A. 2004. *Plantago ovata*- A crop of arid and dry climates with immense herbal and pharmaceutical importance. Introduction of Medicinal Herbs and Spices as Crops Ministry of Food. Agriculture and Livestock, Pakistan.
55. Zotarelli, L., Scholberg, J. M., Dukes, M. D., and Muoz Carpena, R. 2008. Fertilizer residence time affects nitrogen uptake efficiency and growth of sweet corn. Journal of Environmental Quality 37: 1271-1278.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 4, Winter. 2022, p. 327-341

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۳۴۱-۳۲۷

Effect of Different Fertilizers and Planting Density on Morphological Traits and Photosynthetic Pigments Content in Isabgol (*Plantago ovata* Forsk)

M. Khavary[1], M. A. Behdani[2*], H. R. Fallahi[3]

Received: 19-10-2020
Accepted: 04-09-2021

Introduction

Medicinal plants in the world are very important and currently the demand for medicinal herbs is on the rise due to higher requirement of products need in the pharmaceutical, health and food industry. Therefore, the assessment of various systems of plant nutrition is one of the important needs of agricultural planning in order to achieve high yield with high quality, especially in medicinal plants. Manure increase soil fertility and improves the growth and yield. This experiment was conducted to investigate the effect of planting density and single or combined application of cow manure (CM) and chemical fertilizers (CF) on growth, yield and pigment content of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk).

Materials and Methods

In order to evaluate the effects of different levels of fertilizer on isabgol (*Plantago ovata* Forsk) an experiment was arranged as factorial based on a randomized complete block design with three replications at Sarayan Faculty of Agriculture, University of Birjand, during 2017. Experimental factors were included: Fertilization treatments consisted of single (40 ton.ha^{-1} CM and 40 kg.ha^{-1} CF from the source of NPK) and combined (40 ton.ha^{-1} CM + 20 kg.ha^{-1} CF and 20 ton. CM + 40 kg.ha^{-1} CF) application of organic and chemical fertilizers along with a control treatment (no-fertilizer) which were evaluated at three levels of density (20, 40 and 60 plants.m^{2}). Measurements of chlorophyll a, b, carotenoid and SPAD: Firstly, 0.1g samples were taken from the collected leaves. Subsequently each sample was extracted by 80% acetone and put in the centrifuges with rotation speed of 6000 per minute for 10 minute. Absorbance using a spectrophotometer at wavelengths of 470, 647, 663 nm was measured. Also, chlorophyll index was measured by manual chlorophyll meter. Measurements of Yield and yield components: In the sampling stage (full flowering stage), 3 plants of cultivation lines were harvested with respect to the elimination of marginal effects. After measuring plant height, the plants were cut from above the soil, immediately weighed (fresh weight) and then the samples were placed in separate bags and after drying in an oven at 72$^{°C}$ for 48 hours, the leaf weight, total dry weight and grain yield of each sample were measured. Finally, Statistical analyses were carried out by ANOVA, with least significant difference test (LSD) at 5% probability level for subsequent pairwise comparisons.

Results and Discussion

The results indicated the significant effect of treatments on plant dry weight, biological yield, seed yield and chlorophyll b content. The highest biological and seed yields (2080 and 806.6 kg.ha^{-1}, respectively), were obtained from planting density of 60 plants m^{2}, while the highest leaf chlorophyll content was gained from 20 plants m^{2} treatment. The effect of fertilizer resources on all traits (except plant dry weight) and interaction effect of experimental factors on all studied indices were no-significant. The plant showed an appropriate adaptation to low nutritional and its maximum yield was obtained when at least 60 plants.m^{2} was used.

Conclusion

Based on the obtained results, it could be concluded that isabgol is a low-input medicinal plants in terms of nutrient requirements. Therefore, it seems that the application of fertilizer resources in crops which are located

1- Graduated of MSc in Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
2- Professor, Department of Agronomy and Pant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
3- Assistant Professor, Plant and Environmental Stresses Research Group, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
(*- Corresponding Author Email: mabehdani@birjand.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.37183.0

prior to isabgol in a rotation and availability of remaining nutrients can provide the nutritional requirements of this plant. Moreover, consider to open canopy of the plant even when the plant density was 60 plant.m^{-2}, it seems that more densities must be considered in future studies.

Keywords: Carotenoids, Chlorophyll, Manure (Cow manure), SPAD